MIRA

Tomógrafo

- Detección de vacíos en ductos de postensado.
- Medición de espesores.
- Imagen tridimensional (3-D)









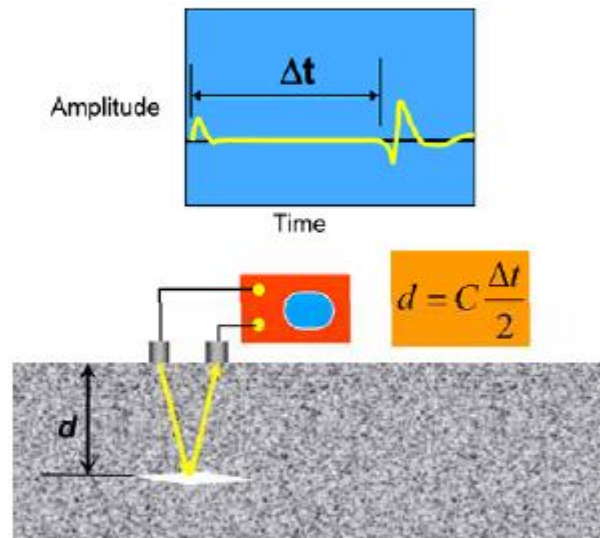
MIRA

El tomógrafo **MIRA** es un perfecto instrumento para crear una representación (tomografía) tridimensional (3-D) de los defectos internos que pueden estar presentes en un elemento de concreto. El **MIRA** está basado en el metodo de ultrasonidos “pitch-catch” (arroja y captura) y utiliza una antena compuesta de una serie de transductores de puntos de contacto en seco (DPC, Dry Point Contact), que emiten ondas de cortante en el concreto. La gama de transductores se encuentra bajo control de computadora y los datos registrados son transmitidos inalambricamente a la computadora en tiempo real. La computadora toma los datos y crea una imagen 3-D de las interfaces reflejadas en el elemento. El **MIRA** ha sido utilizado con éxito para las siguientes aplicaciones.

- Medición de espesores.
- Detección de vacíos en tendones de postensado rellenos de grout.
- Detección de adherencia de mala calidad en revestimientos y reparaciones.
- Detección de delaminaciones.
- Detección de vacíos y segregaciones en el concreto.

Principio

El **MIRA** está basado en el método ultrasónico pulse-echo que utiliza transductores de transmisión y recepción en modo de "arroja-captura" como se muestra a la derecha. Un transductor envía una onda de esfuerzo y un segundo transductor recibe el pulso reflejado. Se mide el tiempo transcurrido desde el inicio del pulso hasta la llegada del eco. Si la velocidad de la onda C se conoce, la profundidad de la interfaz reflejante puede calcularse como se muestra (la ecuación asume que los dos transductores están cerca uno del otro).



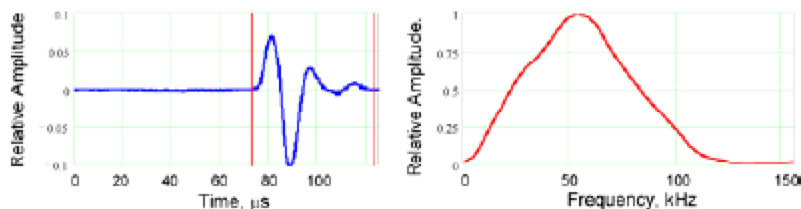
Las características que distinguen al MIRA de otros dispositivos detectores de fallas son:

- Uso de transductores puntuales para inducir en el concreto ondas de cortante con una frecuencia nominal central de 50 kHz.
- El uso de un arreglo de transductores para obtener rapidamente 180 medidas del tiempo de transito en cada prueba.
- Los transductores contienen un sistema de resorte para poder examinar superficies irregulares y no necesitan un medio acoplamiento, es decir, la prueba es hecha en seco.
- El arreglo de transductores (la antena) es conectado inalambricamente a la computadora para evitar el uso de cables largos.
- Las señales capturadas por la antena son transferidas automáticamente a la computadora, donde la “Técnica Enfocada en Apertura Sintetica” (SAFT, Synthetic Aperture Focused Technique) es utilizada para reconstruir una imagen 3D para la estructura interna de el concreto.
- El software de visualización permite ver diferentes rebanadas de la estructura interna reconstruida.

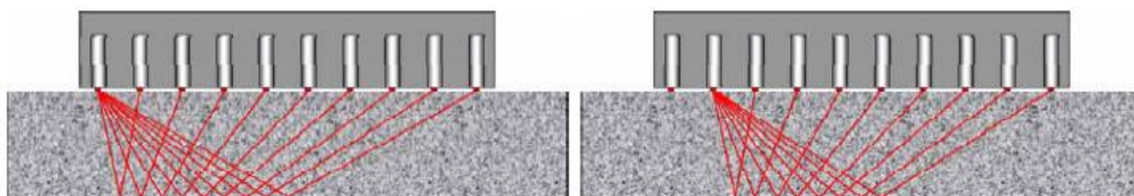
A continuación se presenta la descripción adicional de los principios involucrados en el sistema MIRA. La antena se compone de un arreglo de 4 por 10 transductores de punto y una unidad de control que opera los transductores. Los transductores actuan como transmisores y receptores de un modo secuencial. Los transductores están extremadamente amortiguados de manera que se crea un pulso de corta duración.



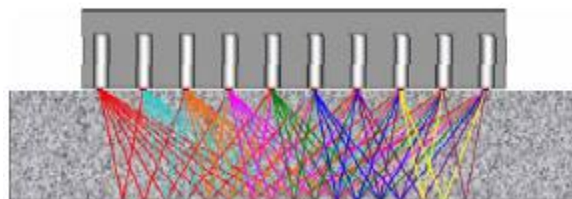
La primera figura a la derecha muestra la forma típica del pulso recibido después de que se ha reflejado en una interfaz de aire. Tambien se muestra el espectro de amplitud del pulso. Es visto que la frecuencia nominal central es de aproximadamente 50 kHz.

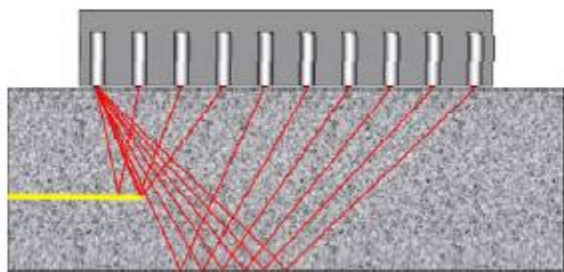


El funcionamiento de la antena se describe a continuación. Básicamente, la unidad de control dentro de la antena excita una fila de transductores y las demás filas de transductores actúan como receptores. La figura de la izquierda muestra la primera fila de transductores en calidad de transmisores y las filas restantes de transductores en calidad de receptores. Entonces, como se muestra en la figura de la derecha, la siguiente fila de transductores se excita y las filas restantes a la derecha actúan como receptores. Este proceso se repite hasta que cada una de las primeras nueve filas de transductores han actuado como transmisores.



La figura de la derecha muestra las rutas de 45 rayos que están involucrados para cada una de las cuatro filas de transductores. Se tarda menos de 3 segundos para completar la adquisición de datos, procesamiento de datos, y la transferencia de datos para una prueba en una ubicación de la antena. Como se verá, el tiempo de tránsito de cada pulso reflejado es procesado por el equipo para crear un modelo 3-D de la localización de las interfaces reflectoras, que podrían ser el lado opuesto del miembro (reflexión de la pared), la ubicación de barras de refuerzo, y más importante la ubicación concreta de las interfaces internas de aire (tales como los huecos, grietas y delaminaciones).





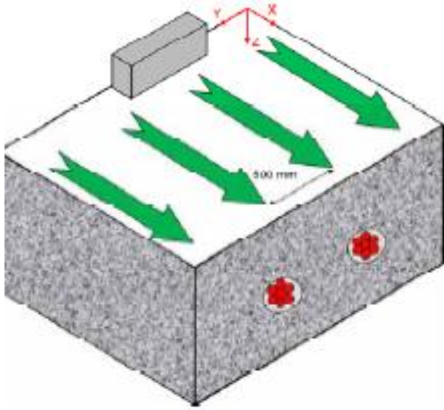
Si hay un defecto en el miembro en forma de una interfase concreto-aire lo suficientemente grande, se reflejara una porción del pulso de esfuerzo en el defecto, y el pulso reflejado llegará al receptor antes que los reflejos de la pared opuesta. Esto se ilustra en la figura de la izquierda. Como se señalaba anteriormente, el software de procesamiento de señal utiliza los tiempos de llegada de los pulsos reflejados para determinar la localización del defecto dentro de los miembros.

Método de operación

Hay 4 métodos de operación del sistema MIRA:

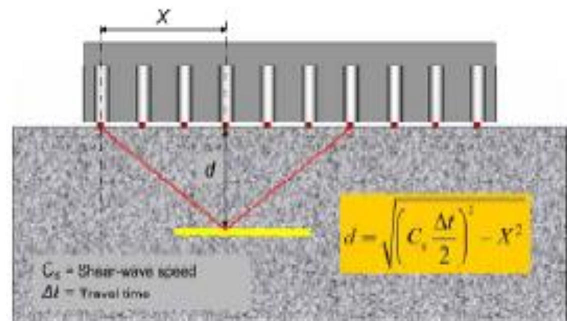
- CALIBRACION: Este modo se utiliza en el comienzo de las pruebas para determinar la velocidad de onda de corte en el concreto. Se recomienda hacer pruebas en ocho o más posiciones para obtener una buena estimación de la velocidad media de la onda. La velocidad de la onda determinada es representativa del concreto, cerca de la superficie.
- EXPLORACION: Este modo está diseñado para las pruebas preliminares en posiciones arbitrarias en la superficie del objeto de prueba. Idealmente, las pruebas preliminares debe hacerse en los lugares donde se conocen las condiciones internas. Este modo se utiliza para comprobar la configuración del instrumento antes de comenzar las exploraciones reales.
- ESCANEO: Este modo se utiliza para adquirir los datos que se utilizarán para evaluar el objeto de prueba. Los datos se almacenan de forma automática tras la finalización de las mediciones en la ubicación de la antena. El método para llevar a cabo un análisis se discute a continuación.

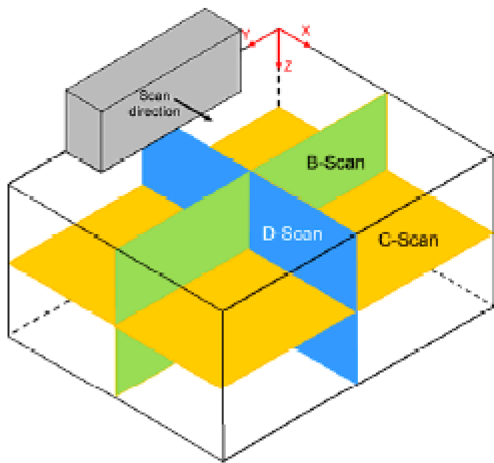
- EXAMEN-Este modo es para un estudio detallado de los datos procesados adquiridos durante la exploración.



Para llevar a cabo una inspección completa de los miembros de concreto , el usuario establece una serie de líneas de exploración, 500 mm en la superficie de pruebas. La antena está orientada perpendicular a la dirección de exploración y los datos se registran en los pasos predeterminados a lo largo de cada línea de exploración. La distancia entre las sucesivas posiciones de la antena dependerá de la naturaleza de los defectos a detectar, con una menor separación necesaria para los defectos pequeños. El diseño de las pruebas se introducen en la computadora y la información se utiliza durante el procesamiento de señales para establecer la ubicación de las interfaces reflejantes dentro de los miembros.

Después de que los datos se adquieren a lo largo de todas las líneas de exploración, una técnica de procesamiento de señales llamado “Técnica Enfocada en Apertura Sintetica” (SAFT) se utiliza para reconstruir una imagen topográfica 3-D del interior del miembro de concreto. En términos simples, el miembro se subdivide en elementos de poco volumen (análogos a elementos finitos para el análisis de esfuerzos). Con los tiempos de llegada del pulso y las posiciones conocidas de los pares de transmisor-receptor, la profundidad de la interfaz reflejada puede ser establecida. Debido a las trayectorias de los rayos inclinados, la profundidad del espejo se calcula utilizando la fórmula de la relación entre las longitudes de los lados de un triángulo rectángulo (Teorema de Pitágoras). En la fórmula que se muestra a la derecha, Cs es la velocidad de onda de corte determinado por el **MIRA** durante la calibración inicial para el objeto de prueba. Si hay una interfaz que refleja grandes reflexiones serán recogidos por más de un receptor. Esto permitirá la reconstrucción de la medida aproximada de la interfaz de reflexión.

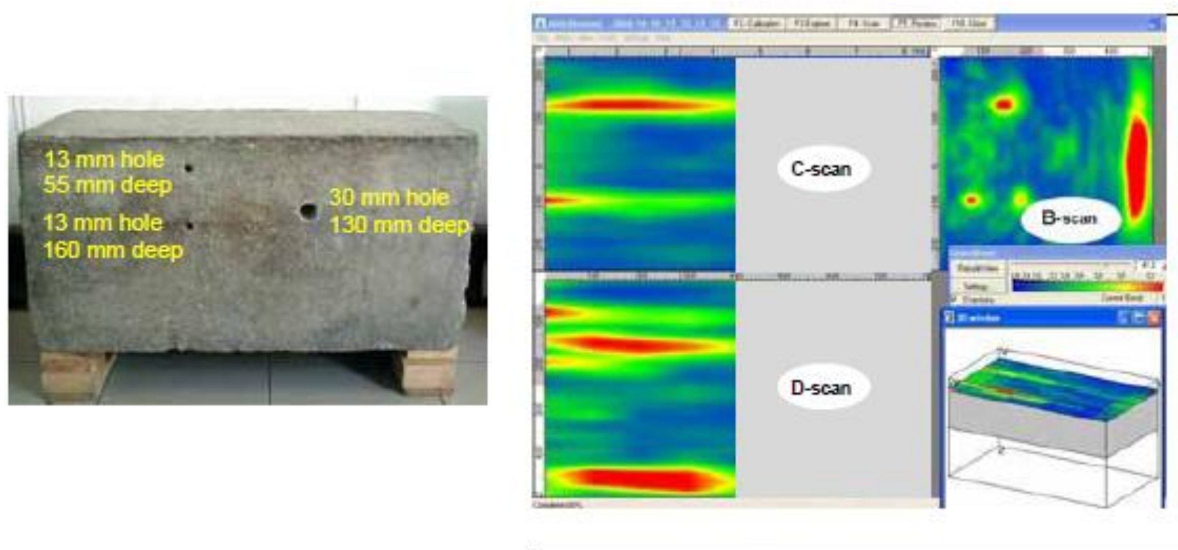




La reconstruida imagen tridimensional se almacena en el ordenador y el usuario puede ver una imagen 3-D de la localización de todas las interfaces detectadas o el usuario puede ver la proyección de las interfaces en tres planos ortogonales. Los puntos de vista sobre los tres planos ortogonales tienen nombres oficiales. El **C-scan** de la muestra refleja las interfaces proyectadas en un plano paralelo a la superficie de prueba, es decir, un C-Scan es una "vista en planta" de los reflectores. Un **B-scan** "muestra los reflectores proyectados en un plano perpendicular a la superficie de ensayo y perpendicular a la dirección de exploración, es decir, que proporciona una "visión final" de los reflectores. El **D-scan** "muestra los reflectores proyectados en un plano perpendicular a la superficie de prueba, pero paralelo a la dirección de exploración, es decir, que proporciona una "visión de elevación" de los reflectores. El usuario también puede buscar en determinados "cortes" a través de los miembros en cada una de las tres direcciones al definir la coordenada Z de un C-scan de la imagen, la coordenada X de un B-scan de la imagen, y la coordenada Y de un D-scan de la imagen.

La siguiente es una prueba sencilla para ilustrar las pantallas diferentes. El objeto de prueba es un bloque de concreto simple de 0,43 m por 0,43 m por 0,8 m con tres agujeros, como se muestra. La antena se escaneó a lo largo del centro del bloque en dirección paralela a los agujeros. Se muestran las vistas de las secciones. Las zonas rojas corresponden a las ubicaciones de los reflectores que producen reflexiones de gran amplitud. En el C-scan, vemos una vista en planta de los agujeros. En el B-scan podemos ver la vista final del boque, los tres agujeros se ven con claridad y de la zona roja grande es el fondo (la pared del fondo) del bloque.

En el D-scan, vemos una vista en alzado de los agujeros y la parte inferior del bloque. Las opiniones muestran las proyecciones de todos los reflectores en los tres planos. El usuario también puede ver las reflexiones en rebanadas específicas.



Ejemplos de Pruebas

Buscando vacíos en conductos de cables cementados de vigas de puente: El **MIRA** se utilizó para evaluar las condiciones de los ductos de postensado cerca de las zonas de anclaje de un puente de vigas-cajón. Antes del ensayo, se marco la localización de los ductos en la cara de la viga utilizando la información de los planos de construcción (foto inferior central). A continuación se muestra uno de los registros de los ensayos. El B-scan está en la sección transversal mostrada como una línea discontinua en el C-scan. La señal de gran amplitud en la ubicación del ducto indica una alta probabilidad de que este no fue debidamente rellenado. Esto fue confirmado por la perforación de un núcleo y quitando cuidadosamente el ducto para revelar los tendones desnudos (Cortesía de Ramboll Finlandia Ltd.).



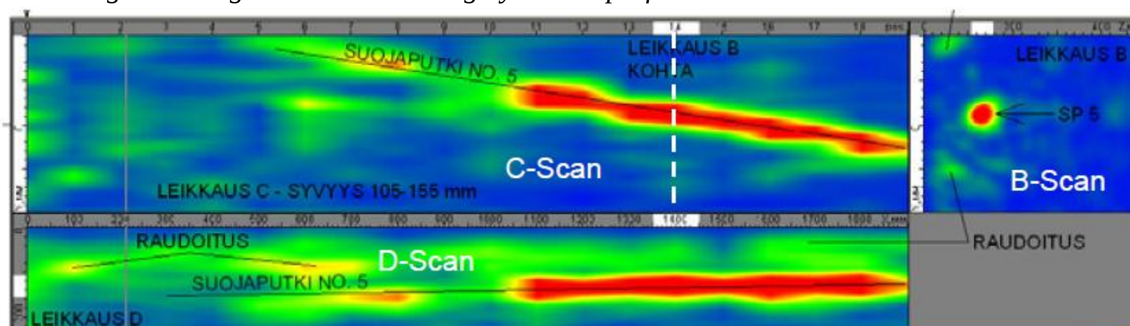
Escaneo a lo largo de la viga



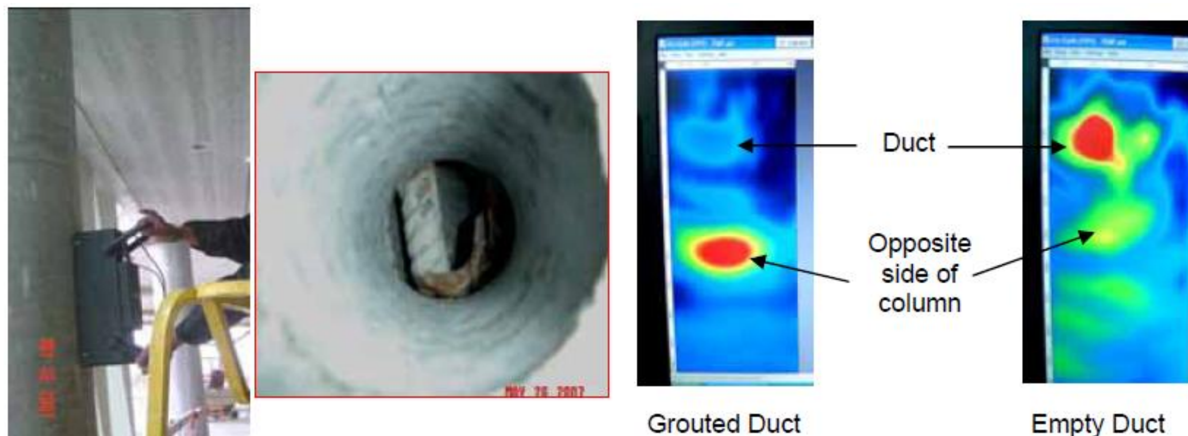
Vista de la viga y núcleo perforado



Condición del ducto



Pruebas para localización de vacios en los ductos de cable rellenos de grout en columnas circulares: Columnas circulares, 500 mm de diámetro, con ductos de acero 80 mm de diámetro en el centro de la columna. Los conductos contenían barras de 25 mm que se supone se han rodeado de grout. Las pruebas individuales (en Modo de Exploración) se realizaron utilizando **MIRA** y los resultados se muestran como una imagen en el B-scan. Los conductos sin rellenar fueron fácilmente identificados y confirmados por los núcleos de perforación en las columnas.



Prueba realizada en una columna y la condición del refuerzo después de la extracción del núcleo.

Ejemplos de escaneos en B (B-scan)

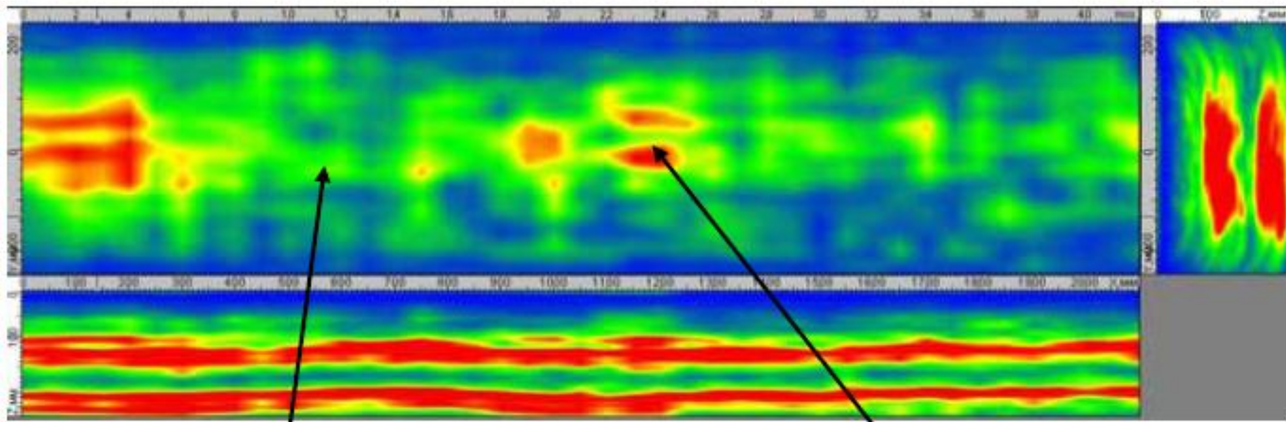
Pruebas de calidad de adherencia: Un Puente de acero de vigas cajón estaba recubierto con una capa de concreto reforzado con fibras de 100 mm de espesor. La cubierta contenía una serie de capas de barras de refuerzo que interfirieron con la correcta consolidación del concreto reforzado con fibras. El **MIRA** fue utilizado para localizar los vacíos en la interfase con la placa de acero. Debajo se muestra un ejemplo de los resultados. Debido a la poca profundidad de la cubierta de concreto, los B-scan y los C-scan mostraron múltiples reflexiones detrás de la cubierta de concreto. El C-scan muestra las localizaciones de los reflectores en un plano localizado a 90 mm de la superficie. Las regiones rojas representan la posible presencia de vacíos. Extracciones de núcleos subsecuentes confirmaron los resultados del **MIRA**. Nótese que las regiones verdes en el C-scan son las reflexiones de las barras de refuerzo.



Escaneo a lo largo de la superficie.



Vista perfil de la capa de concreto mostrando la congestión de refuerzo.





Núcleo sólido



Núcleos con vacíos debajo de las barras

Especificaciones del Tomógrafo MIRA:

- Transductores de onda de cortante de contacto en seco con punta de cerámica.
- Frecuencia central de 50 kHz con una frecuencia de operación de 15 a 150 kHz.
- Los transductores están equipados con resortes para adaptarse a superficies rugosas.
- La cara de la antena tiene un arreglo de 40 transductores con una configuración de 4 por 10; dimensiones 435 × 235 × 146; peso 4.5 kg.
- Comunicación inalambrica.
- Profundidad de alcance: de 50 a 2500 mm.
- Baterías recargables.
- Tiempo para procesamiento de datos en el lugar de la prueba.
- Visualización en 3-D.
- Temperatura de operación: -0°C a 45 °C

Numeros de Orden:

Articulo	No. de orden
Computadora y maletín	MIR-1001
Antena	MIR-1002
Transmisor inalámbrico	MIR-1003
Adaptador CA.	MIR-1004
Cables	MIR-1005
Software en CD-ROM	MIR-1006
Manual de usuario	MIR-1007
Maleta con ruedas	MIR-1008



Dimensión aproximada del equipo y masa total del equipo:
560 mmx 350 mm x 230 mm, 13 kg
22 x 14 in. x 9 in, 28 lbs